

ЭДС ВРАЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ КАК ФАКТОР РИСКА ЭЛЕКТРОТРАВМАТИЗМА

Василенко С.В., студент; Маренич К.Н., доцент, Ph. D. (к.т.н.)

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Типовая схема системы низковольтной электрической сети очистного участка шахты (рис.1) предполагает электропитание нескольких электроустановок от одной трансформаторной подстанции (ТСВП) и наличие разветвленной сети гибких кабелей (ГК) от пускателей (П) до электропотребителей (М). Защита человека от поражения электрическим током осуществляется аппаратом защиты от утечек тока на землю, установленным в ТСВП [1].

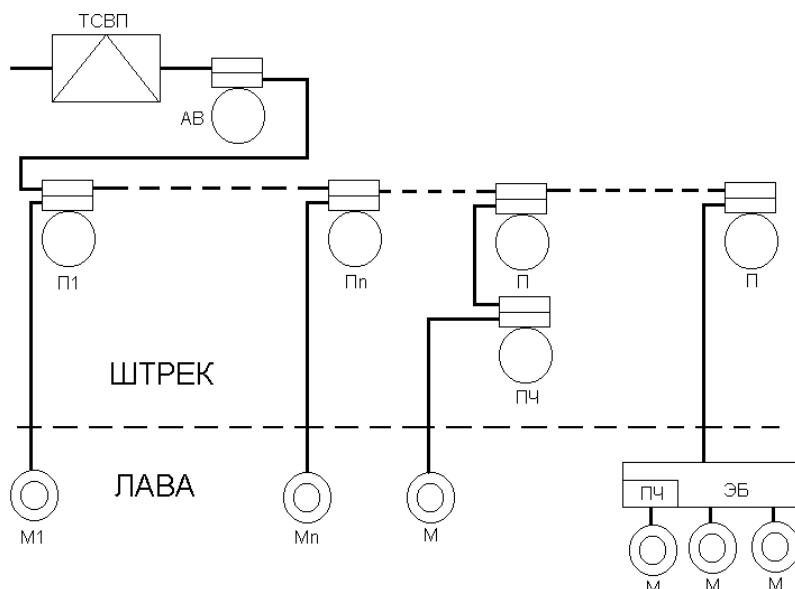


Рисунок 1 – Обобщенная электрическая схема очистного участка

Опасность поражения человека электрическим током в сетях с изолированной нейтралью обусловлена возникновением активных и емкостных проводимостей изоляции кабельной сети, что обуславливает появление токов утечки на землю.

Общая ёмкость C сети зависит от общей её протяженности, параметров силовых кабелей и во многом обуславливает опасность поражения током человека при прикосновении к токоведущим частям. В сети со значительной протяженностью и с высоким активным сопротивлением изоляции величина тока, протекающего через человека, будет равна:

$$I_{ч} = \frac{3U_{\phi} \omega C}{\sqrt{9R_{ч}^2 C^2 + 1}}, \quad (1)$$

где U_{ϕ} - фазное напряжение сети; $R_{ч}$ - активное сопротивление тела человека.

С ростом мощности электропотребителей участка шахты увеличивается длина очистного забоя, растут сечения и длины гибких кабелей, что ведёт к значительному увеличению ёмкостных проводимостей их изоляции и еще большему росту тока утечки

Оборудование силовой коммутационной аппаратуры распределительного пункта позволяет с достаточным быстродействием коммутировать потребители. Однако, схемы пускателей допускают удержание их контакторов во включенном состоянии даже после отключения сети со стороны источника электропитания. Это объясняется наличием ЭДС вращения асинхронных двигателей (АД) потребителей, величина которой соразмерна с величиной напряжения сети и в режиме выбега АД снижается экспоненциально.

Таким образом, в случае касания человеком находящихся под напряжением токоведущих элементов сети между пускателем и АД и отключения по этой причине электросети со стороны питающей подстанции не предотвращается опасность электротравматизма, т. к. поражающим фактором остаётся ЭДС вращения АД [2]:

$$u_{\text{вр}} = \frac{L_m}{L_p} j(1-s)\omega_0 \psi_{0p} e^{-\frac{t}{T_p}} e^{j\omega_0(1-s)t};$$

$$T_p = (L_p / r_p) = U_{\phi} K_n / I_0 r_p \omega_0;$$
(2)

где L_m – индуктивность главного потока АД; L_p , ω_0 и s – полная индуктивность, синхронная частота вращения и скольжение ротора; I_0 и r_p – ток холостого хода и активное сопротивление ротора АД; U_{ϕ} – фазное напряжение статора в режиме холостого хода; $K_n = 1 - 1,1$ – коэффициент насыщения АД; ψ_{0p} – начальное потокосцепление ротора..

На рис. 2 представлена схема компьютерной модели ЭДС вращения асинхронного двигателя после защитного отключения. Исследован АД мощностью $P=2$ кВт, работающий с нагрузкой $T_m=40$. Защитное отключение происходит на 3-й секунде после включения АД. Результат моделирования выбега двигателя представлен на рис. 3.

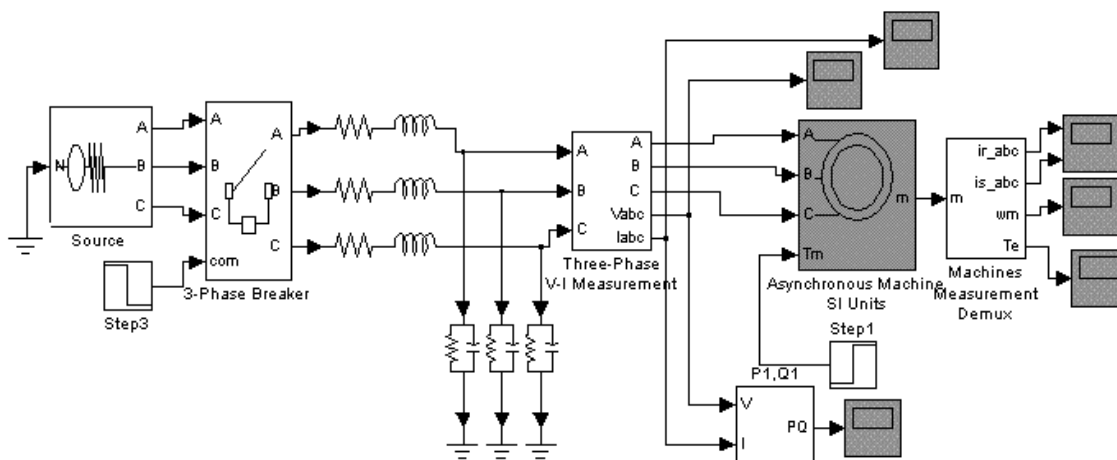


Рисунок 2 – Схема моделирования ЭДС вращения АД после защитного отключения сети

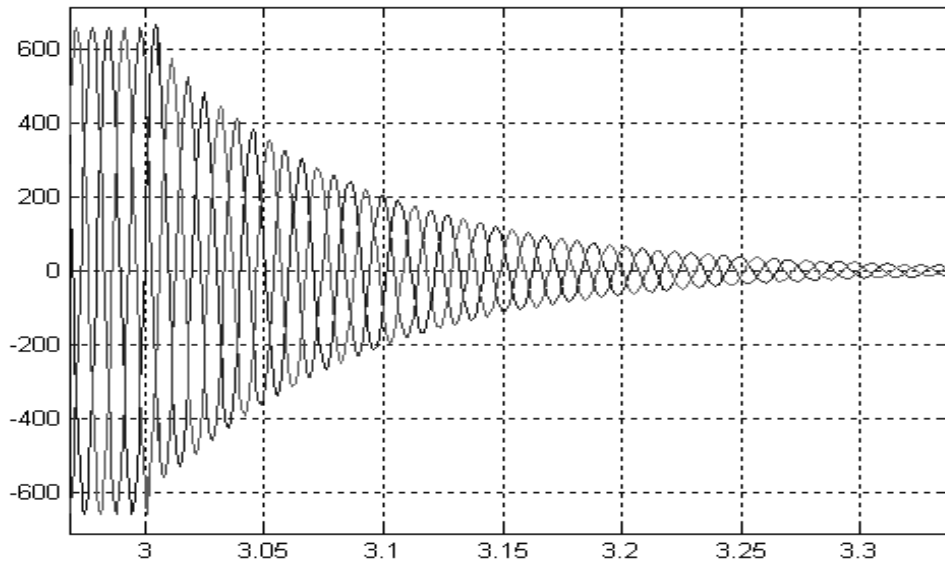


Рисунок 3 – ЭДС вращения двигателя после защитного отключения

Начальная величина ЭДС вращения асинхронного двигателя (рис. 3) достигает 0,95 от номинального напряжения сети ($U_c=660$ В). Экспонента снижения ЭДС вращения обусловлена постоянной времени (конкретными активно-индуктивными параметрами) этого двигателя. Однако, при защитном отключении сети в режиме свободного выбега будет находиться группа двигателей различных типов. Различной мощности. Поэтому практический интерес представляет обобщенная экспонента снижений напряжения в общей части сети. При моделировании этого процесса (рис. 4.) во внимание принималась группа АД двигателей мощностью $P_n=2...200$ кВт ($n=1...10$). Результат моделирования представлен на рисунке 5.

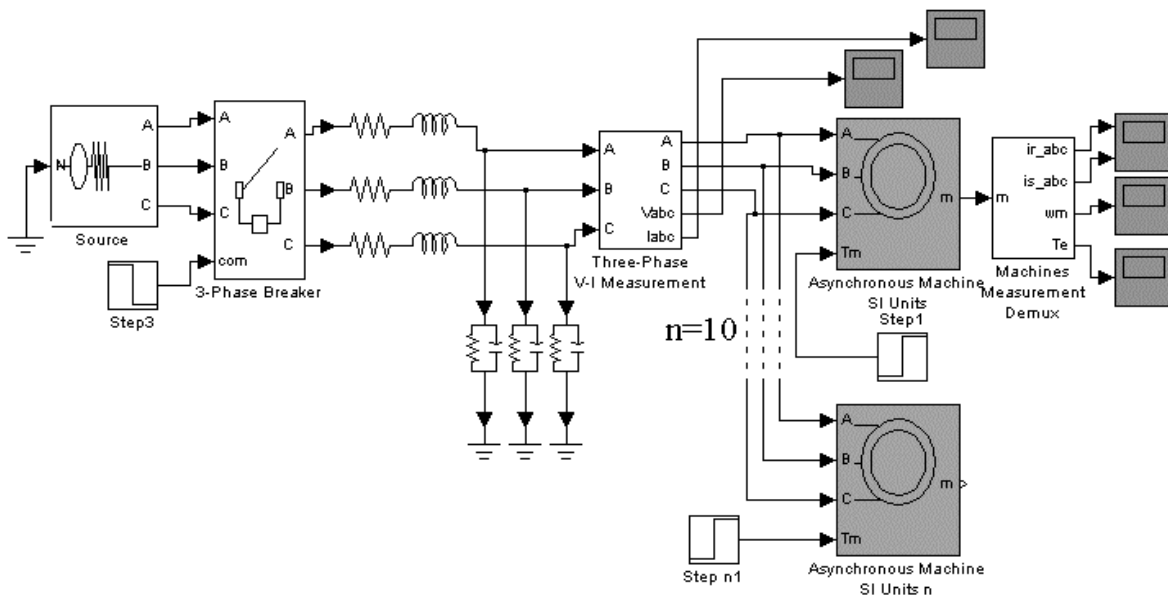


Рисунок 4 – Схема моделирования ЭДС вращения группы асинхронных двигателей после защитного отключения

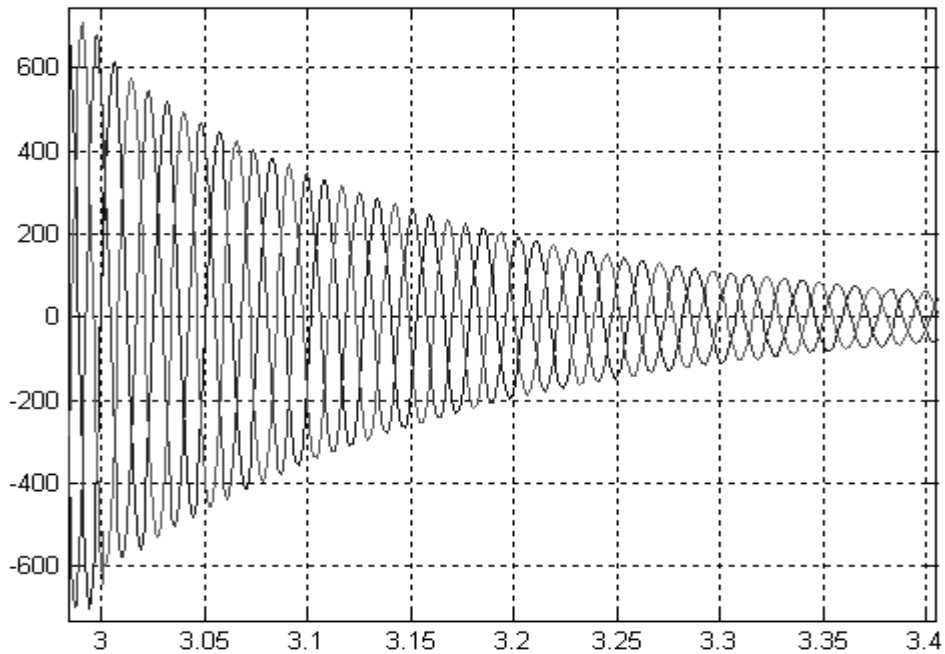


Рисунок 5 – ЭДС вращения при групповом выбеге двигателей в общей точке сети после защитного отключения

Из рис. 5 следует, что постоянная времени снижения ЭДС вращения увеличилась вследствие участия в процессе ЭДС вращения более мощных АД.

С целью исключения подпитки места утечки тока на землю на участке между пускателем и двигателем со стороны последнего целесообразно автоматически подавлять ЭДС вращения двигателя всякий раз после исчезновения тока статора, потребляемого из сети. Этим будет так же исключено поддержание напряжения на первичных обмотках трансформаторов питания пускателей и обеспечено разъединение силовых цепей электропитания АД участка.

Перечень ссылок

1. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. ДНАП1.1.30-01-96: Утв. Гос. Комитетом по наблюдению за охраной труда 18.01.96/ Гос. комитет по наблюдению за охраной труда. – К, 1996, – 421с.
2. Маренич К. Н. Проблематика электробезопасности системы «кабель - двигатель» участка шахты // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Випкск 27. Серія гірничо-електромеханічна. Донецьк, ДонДТУ, 2001, - С.270-277.